

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-004048

(43)Date of publication of application : 06.01.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
H01L 21/301  
H01L 31/10  
H01L 33/00

(21)Application number : 10-050859

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 03.03.1998

(72)Inventor : SUGIMOTO YASUNOBU  
KIYOHISA HIROYUKI  
OZAKI NORIYA  
IWASA SHIGETO  
NAKAMURA SHUJI

(30)Priority

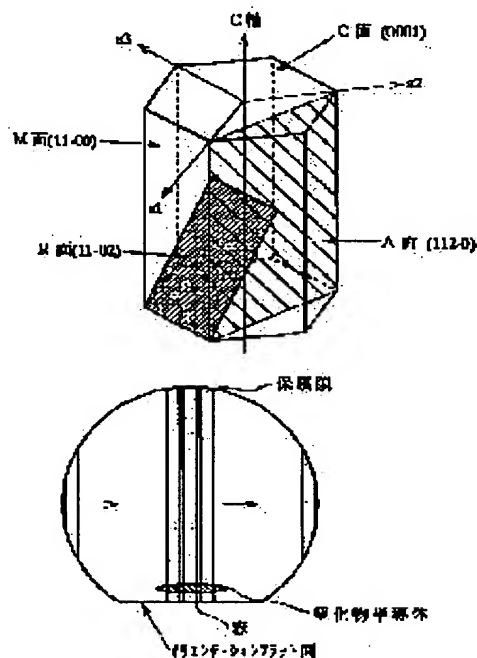
Priority number : 09 99494 Priority date : 17.04.1997 Priority country : JP

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a laser device possessed of a nitride semiconductor substrate and its resonant plane to be formed by a method wherein the opposed edge faces of an active layer of the nitride semiconductor device are set flush with the cleavage plane of a nitride semiconductor substrate M plane (11-00).

SOLUTION: A protective film formed like a stripe vertical to the A plane (112-0) of a sapphire substrate is provided onto the sapphire substrate whose main surface is a C plane (0001). Or, a protective film formed like a stripe vertical to the R plane (11 02) of a sapphire substrate is provided onto the sapphire substrate whose main surface is a A plane (112-0). A nitride semiconductor is grown on the protective film for the formation of a nitride semiconductor substrate. Furthermore, a nitride semiconductor layer which includes an active layer is formed on the nitride semiconductor substrate, the sapphire substrate is removed from the nitride semiconductor substrate, and then the cleavage plane of the M plane (11-00) of the nitride semiconductor substrate is set flush with the edge face of the active layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3395631

[Date of registration] 07.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-4048

(43)公開日 平成11年(1999)1月6日

(51) Int.Cl.<sup>2</sup>

**識別記号**

H01S 3/18

**H O 1 L 21/301**

31/10

33/00

**FI**

HO 1 S 3/18

H01L 33/00

21/78

31/10

C

**L**

U

調査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平10-50859

(22) 出願日

平成10年(1998)3月3日

(31) 優先權主張番号 特願平9-99494

(32)優先日 平9(1997)4月17日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 杉本 康宜

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 清久 裕之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 小崎 徳也

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

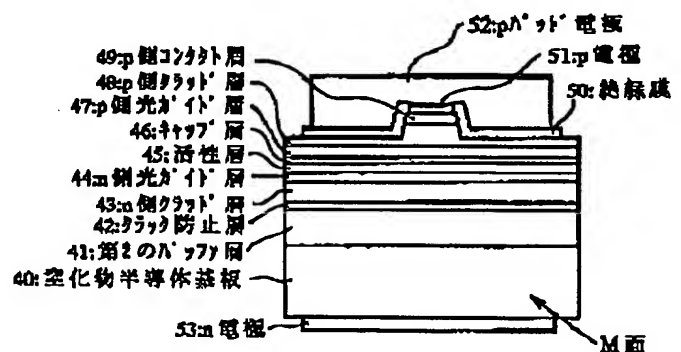
## 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法

(57)【要約】

・【目的】 窒化物半導体を基板とする窒化物半導体素子と、その窒化物半導体素子の新規な製造方法を提供し、特に窒化物半導体基板を有してなるレーザ素子とレーザ素子の共振面を形成する方法を提供する。

【構成】 窒化物半導体層と異なる材料よりなる異種基板上部に、窒化物半導体を成長させて、窒化物半導体基板を作製し、さらに窒化物半導体基板上部に活性層を含む素子構造となる窒化物半導体層を積層して、異種基板上部に成長された窒化物半導体基板より、異種基板を除去した後、窒化物半導体基板のM面(11-00)で劈開することにより、窒化物半導体素子の対向する活性層端面が窒化物半導体基板M面の劈開面と一致した面を得る。



(2)

特開平11-4048

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物半導体を基板とし、その基板上部に活性層を含む素子構造を有する窒化物半導体層が積層されてなる窒化物半導体素子であって、その窒化物半導体素子の対向する活性層端面は、前記窒化物半導体基板M面(11-00)の劈開面と一致していることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】 前記活性層端面がレーザ素子の共振面であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子。

【請求項3】 窒化物半導体層と異なる材料よりなる異種基板上部に、窒化物半導体を成長させて、窒化物半導体基板を作製する第1の工程と、窒化物半導体基板上部に活性層を含む素子構造となる窒化物半導体層を積層する第2の工程と、異種基板上部に成長された窒化物半導体基板より、異種基板を除去する第3の工程と、窒化物半導体基板のM面(11-00)で活性層を含む窒化物半導体層を劈開する第4の工程とを備えることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】 前記第1の工程で異種基板上部に部分的に保護膜を形成し、窒化物半導体をその保護膜上部にまで成長させることを特徴とする請求項3に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】 前記保護膜が、第1の工程で異種基板の表面に成長させた窒化物半導体層の表面に部分的に形成されていることを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】 前記保護膜がストライプ形状を有することを特徴とする請求項4又は5に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項7】 前記第1の工程は、C面(0001)を上面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のA面(112-0)に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工程、若しくはA面(112-0)を主面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のR(11-02)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工程、又は(111)面を主面とするスピネル基板上部にそのスピネル基板の(110)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工程の内のいずれか1種の工程を含み、前記保護膜上部に窒化物半導体を成長させることを特徴とする請求項3乃至6の内のいずれか1項に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項8】 前記活性層はストライプ状の保護膜上部に位置しており、前記第4の工程において、そのストライプに対して垂直な方向で劈開することを特徴とする請求項6または7に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はレーザ素子、LED素子

等の発光素子、光センサー、太陽電池等の受光素子、あるいはトランジスタ等の電子デバイスに使用される窒化物半導体(InxAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-y</sub>N、0 ≤ x、0 ≤ y、x+y ≤ 1)よりなる窒化物半導体素子と、その窒化物半導体素子の製造方法に係り、特に窒化物半導体を基板とする窒化物半導体素子と製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体は高輝度青色LED、純緑色高輝度LEDの材料として、本出願人により最近実用化されたばかりである。また本出願人はこの材料を用いて青色レーザ素子で、世界で初めて406nmの室温での連続発振に成功した。(日経エレクトロニクス、1996年、12月2日号、技術速報) このレーザ素子は活性層にInxGa<sub>1-x</sub>Nの多重量子井戸構造を有し、活性層両端の共振面はエッチングにより形成されており、20℃において、閾値電流密度3.6kA/cm<sup>2</sup>、閾値電圧5.5V、1.5mW出力において、27時間の連続発振を示す。

【0003】 現在のLED素子、レーザ素子共に、窒化物半導体の成長基板にはサファイアが用いられている。周知のようにサファイアは窒化物半導体との格子不整合が13%以上もあるため、この上に成長された窒化物半導体の結晶は格子欠陥が非常に多い。一般に結晶欠陥の多い半導体はレーザ素子には不向きであり、実用化は難しいとされている。また、サファイアの他に、ZnO、GaAs、Si等の基板を用いた素子も報告されているが、これらの基板上では結晶性の良い窒化物半導体が成長しにくいとため、LEDでさえ実現されていない。

【0004】 また、サファイアを基板とするレーザ素子は、その活性層の共振面を劈開により形成することが難しいという欠点を有している。本出願人は先にサファイア上部に窒化物半導体が積層されたウェーハを、サファイアのM面で劈開して窒化物半導体の劈開面を形成する技術を示したが、歩留、共振面の平行性等の性能において、実用化するには十分満足できるものではなかった。

【0005】 一方、窒化物半導体と完全に格子整合する窒化物半導体の基板を作製する試みも成されているが(例えば、特開昭61-7621、特公昭61-2635、特開昭51-3779、特開平7-185498、特開平7-202265等) 実際には、窒化物半導体基板を得ることは非常に難しく、未だ実現していないのが現状である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このように、窒化物半導体を基板とする窒化物半導体素子については、ほとんど知られておらず、例えば基板を如何にしてチップ状に分割するかも知られていない。従って本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、窒化物半導体を基板とする窒化物半導体素子と、その窒化物半導体素子の新規な製造方法を提供することにより、特に窒化物半

(3)

特開平11-4048

導体基板を有してなるレーザ素子とレーザ素子の共振面を形成する方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体素子は、窒化物半導体を基板とし、その基板上部に活性層を含む素子構造を有する窒化物半導体層が積層されてなる窒化物半導体素子であって、その窒化物半導体素子の対向する活性層端面は、前記窒化物半導体基板M面(11-00)の劈開面と一致していることを特徴とする。

【0008】特に、窒化物半導体層がレーザ素子構造となっている場合には、レーザ素子の活性層端面がレーザ素子の共振面であることを特徴とする。

【0009】本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、窒化物半導体層と異なる材料よりなる異種基板上部に、窒化物半導体を成長させて、窒化物半導体基板を作製する第1の工程と、窒化物半導体基板上部に活性層を含む素子構造となる窒化物半導体層を積層する第2の工程と、異種基板上部に成長された窒化物半導体基板より、異種基板を除去する第3の工程と、窒化物半導体基板のM面(11-00)で活性層を含む窒化物半導体層を劈開する第4の工程とを備えることを特徴とする。本発明の製造方法において、第2の工程と、第3の工程の順序は問わない。つまり第3の工程は、第2の工程の先に行っても良いし、後で行うこともできる。

【0010】好ましくは、前記第1の工程で異種基板上部に部分的に保護膜を形成し、窒化物半導体をその保護膜上部にまで成長させる。更に好ましくは前記第1の工程で異種基板表面に成長させた窒化物半導体層の表面に、部分的に保護膜を形成し、窒化物半導体をその保護膜上部にまで成長させる。保護膜を形成すると、保護膜上部に成長した窒化物半導体層の結晶欠陥が少なくな

、更に保護膜と保護膜の間(窓部)の上部も結晶欠陥が少なくなるので、基板とする窒化物半導体の結晶性が非常に良くなる。さらに好ましくは保護膜をストライプ形状とする。ストライプとすると窒化物半導体の異方性成長の性質が利用できる。保護膜は異種基板表面に直接接して形成することもできし、また異種基板の上に窒化物半導体層を数十 $\mu\text{m}$ 以下に薄く成長させた後、その窒化物半導体層の表面に接して形成することもでき、異種基板の上部に形成されていればよい。異種基板上に窒化物半導体層を成長させた後、保護膜を形成して行うと、保護膜上部に成長させる窒化物半導体層の表面に生じる結晶欠陥がより少なくなり好ましい。

【0011】また、本発明の製造方法では、第1の工程で、C面(0001)を主面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のA面(112-0)に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工程、若しくはA面(112-0)を主面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のR(11-02)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工

程、または(111)面を主面とするスピネル基板上部にそのスピネル基板の(110)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する工程の内のいずれか1種の工程を含み、その保護膜上部に窒化物半導体を成長させることを特徴とする。

【0012】特に保護膜を形成する場合、本発明の製造方法では、所定の動作をする活性層はストライプ状の保護膜上部に位置しており、前記第4の工程において、そのストライプに対して垂直な方向で劈開することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】図1はC軸配向した窒化物半導体の結晶構造を示すユニットセル図である。窒化物半導体は正立方には面心立方構造であるが、この図に示すように六方晶系で近似できる。本発明の素子では、対向する活性層端面は窒化物半導体のM面での共振面とされている。M面とはこの図に示すように六角柱の側面を示す面であり、それぞれ6種類の面方位で示すことができるが、全て同一M面を示しているため、本明細書では(11-00)面が全てのM面を代表して示しているものとする。同様に、R面とは六角柱の一底辺からC軸に対して斜めに六角柱を切断した面方位で示す面であり、各底辺8辺についてそれぞれ6種類の面方位で示すことができるが、全て同一M面を示しているため、本明細書では(11-02)面がR面を代表して示しているものとする。さらにA面とはこの図に示すように、六方形の近接した2点から、C軸に対して、六角柱を垂直に切断した面を示し、六角形各頂点についてそれぞれ6種類の面方位で示すことができるが、全て同一A面を示しているため、本明細書では(112-0)面がA面を代表して示しているものとする。

【0014】本発明の窒化物半導体素子において、基板とする窒化物半導体は $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )であれば、どのような組成でも良いが、好ましくはアンドープ(undoped) GaNとする。アンドープGaNは最も結晶性の良い窒化物半導体を基板となるような厚膜、例えば100 $\mu\text{m}$ 以上の厚膜で成長させやすい。またGaNにSi、Ge、S、Se等の4族元素よりなるp型不純物をドーピングすることもできる。n型不純物は、好ましい範囲の導電性を制御して、GaNの結晶性を維持するためには、 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の範囲でドーピングすることが望ましい。

【0015】素子構造が積層される窒化物半導体基板主面の面方位は特に問わないが、M面で劈開できる主面を有する窒化物半導体基板を選択し、好ましくはC面、A面を主面とする窒化物半導体基板を用いる。また主面をC面、A面から数度、面方位をずらした窒化物半導体基板を用いることもできる。

【0016】窒化物半導体基板の上に活性層を含む素子構造を有する窒化物半導体層を積層した窒化物半導体素

(4)

特開平11-4048

子は、その基板と格子整合するために、結晶性のよい窒化物半導体層が成長できる。従来ではサファイア、 $ZnO$ 、 $Si$ 、 $GaAs$ 等の異種基板上に窒化物半導体層を積層していたが、異種基板の上に成長された窒化物半導体結晶は、格子定数のミスマッチ、熱膨張係数差等の要因により、格子欠陥が非常に多く、また窒化物半導体結晶の方位がそろいにくく、基板の劈開により、一定した窒化物半導体素子の劈開面を得ることが難しかった。本発明の素子では窒化物半導体基板の上に、素子構造となる窒化物半導体層を成長させているため、その窒化物半導体層には結晶欠陥が非常に少なく、また面方位がそろった結晶が成長できる。そのため窒化物半導体基板のM面を劈開することにより、活性層を含む窒化物半導体素子が、同じくM面で一致して劈開されるために、方位がそろった鏡面に近い劈開面を得ることができる。しかも図1に示すように、M面は互いに平行な面を有しているため、その面を共振面としたレーザ素子を作製すると、非常に反射率の高い面を得ることができる。

【0017】本発明の製造方法の第1の工程において、異種基板は窒化物半導体と異なる材料よりなる基板であればどのようなものでも良く、例えば、サファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア、スピネル( $MgAl_2O_4$ )のような絶縁性基板、 $SiC$ (6H、4H、3Cを含む)、 $ZnS$ 、 $ZnO$ 、 $GaAs$ 、 $Si$ 等の従来知られている窒化物半導体と異なる基板材料を用いることができる。この異種基板上に窒化物半導体層を厚膜で成長させて、窒化物半導体基板を作製する。窒化物半導体基板を作製するには、好ましくは次に述べる方法で作製する。

【0018】即ち、異種基板上部(必ずしも接してしなくても良い)に部分的に保護膜を形成し、この保護膜上に窒化物半導体を成長させる。好ましくは異種基板表面に成長させた窒化物半導体の表面に部分的に保護膜を形成し、この保護膜上部に窒化物半導体を成長させる。保護膜の材料としては保護膜表面に窒化物半導体が成長しないか、若しくは成長しにくい性質を有する材料を好ましく選択し、例えば酸化ケイ素( $SiO_x$ )、窒化ケイ素( $Si_3N_4$ )、酸化チタン( $TiO_x$ )、酸化ジルコニウム( $ZrO_x$ )等の酸化物、窒化物、またこれらの多層膜の他、1200℃以上の融点を有する金属等を用いることができる。これらの保護膜材料は、窒化物半導体の成長温度800℃～1100℃の温度にも耐え、その表面に窒化物半導体が成長しないか、成長しにくい性質を有している。保護膜材料を窒化物半導体表面に形成するには、例えば蒸着、スパッタ、CVD等の気相製膜技術を用いることができる。また、部分的(選択的)に形成するためには、フォトリソグラフィ技術を用いて、所定の形状を有するフォトマスクを作製し、そのフォトマスクを介して、前記材料を気相製膜することにより、所定の形状を有する保護膜を形成できる。保護

膜の形状は特に問うものではなく、例えばドット、ストライプ、葎盤面状の形状で形成できるが、後に述べるように、ストライプ状の形状で特定の面方位に形成することが望ましい。

【0019】図2乃至図6は、第1の工程における窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式的な断面図である。以下この図面を元にして好ましい第1の工程の作用を説明する。なお図において、1は異種基板、2は窒化物半導体層(保護膜を形成する下地層となる層)、3は基板となる第1の窒化物半導体層、11は第1の保護膜を示す。

【0020】第1の工程では、図2に示すように、異種基板1上部に窒化物半導体層2を成長させた表面に、第1の保護膜11を部分的に形成する。また、異種基板1と窒化物半導体層2の間に、格子定数不整合を緩和する低温成長バッファ層(図示されていない)を形成しても良い。バッファ層を形成すると、結晶欠陥を更に少なくすることができ好ましい。異種基板上部に成長させられる窒化物半導体層2としては、アンドープ(不純物をドーブしない状態、undoped)の $GaN$ 、n型不純物をドーブした $GaN$ 、又は $Si$ をドーブした $GaN$ を用いることができる。窒化物半導体層2は、高温、具体的には900℃～1100℃、好ましくは1050℃で異種基板上に成長され、膜厚は1～20 $\mu m$ 、好ましくは2～10 $\mu m$ である。この範囲であると本発明の効果をj得るのに好ましい。異種基板1と窒化物半導体層2との間に形成されるバッファ層は、 $AlN$ 、 $GaN$ 、 $AlGaIn$ 、 $InGaIn$ 等が900℃以下200℃以上の温度で、膜厚数十オングストローム～数百オングストロームで成長される。このバッファ層は異種基板1と窒化物半導体層2との格子定数不正を緩和するために形成されるが、窒化物半導体の成長方法、基板の種類等によっては省略することも可能である。

【0021】また、本発明において、第1の保護膜11は、異種基板1に直接接して形成されてもよく、異種基板1上部に例えば $ZnO$ 等の半導体層を成長させその半導体層の上に形成されてもよい。異種基板1に第1の保護膜11を直接形成した場合、図6に示すように、第1の保護膜11を異種基板1上に直接形成した場合、隣接する第1の保護膜11と第1の保護膜11との間にバッファ層を形成してもよい。この場合に用いられるバッファ層は、上記異種基板1と窒化物半導体層2との間に形成されるバッファ層と同様のものが挙げられる。

【0022】次に、図3に示すように、窒化物半導体層2の上部に第1の保護膜11を形成した上部に第1の窒化物半導体3を成長させる。第1の窒化物半導体3としては、好ましくはアンドープ(不純物をドーブしない状態、undoped)の $GaN$ 、若しくはn型不純物をドーブした $GaN$ が挙げられる。このように異種基板1の上に成長させた窒化物半導体層2上に第1の保護膜11を形成

し、その上に第1の窒化物半導体3を成長させると、第1の保護膜11の上には窒化物半導体3が成長せず、露出した窒化物半導体層2上に第1の窒化物半導体3が選択成長される。さらに成長を続けると、第1の窒化物半導体3が第1の保護膜11の上に覆いかぶさって行き、隣接した第1の窒化物半導体3同士でつながって、図4に示すように、あたかも第1の保護膜11の上に第1の窒化物半導体3が成長したかのような状態となる。

【0023】このように成長した第1の窒化物半導体層3の表面に現れる結晶欠陥(貫通転位)は、従来のものに比べ非常に少なくなる。しかし、第1の窒化物半導体3の成長初期における窓部の上部と保護膜11の上部のそれぞれの結晶欠陥の数は著しく異なる。つまり、異種基板上部の第1の保護膜11が形成されていない部分(窓部)に成長されている第1の窒化物半導体3の部分には、異種基板1と窒化物半導体層2との界面から結晶欠陥が転位し易い傾向にあるが、第1の保護膜11の上部に成長されている第1の窒化物半導体層3の部分には、縦方向へ転位している結晶欠陥はほとんどない。

【0024】例えば、図4に示すように、異種基板1から第1の窒化物半導体層3の表面に向かって示している複数の細線によって結晶欠陥を模式的に示している。このような結晶欠陥は、異種基板1と窒化物半導体層2との格子定数のミスマッチにより、異種基板1の上に成長される窒化物半導体層2に、非常に多く発生する。そして、第1の保護膜11が形成されていない窓部の結晶欠陥のほとんどは、第1の窒化物半導体3を成長中、異種基板と窒化物半導体層2の界面から表面方向に向かって転位をする。しかし、この窓部から発生した結晶欠陥は、図4に示すように、第1の窒化物半導体層3の成長初期にはほとんどが転位しているが、第1の窒化物半導体層3の成長を続けるうちに、途中で表面方向に転位する結晶欠陥の数が激減する傾向にあり、第1の窒化物半導体層3の表面まで転位する結晶欠陥が非常に少なくなる。一方、第1の保護膜11上部に形成された第1の窒化物半導体層3は基板から成長したものではなく、隣接する第1の窒化物半導体層3が成長中につながったものであるため、結晶欠陥の数は基板から成長したものに比べて、成長のはじめから非常に少なくなる。この結果、成長終了後の第1の窒化物半導体層8の表面(保護膜11上部及び窓部上部)には、転位した結晶欠陥が非常に少なく、あるいは透過型電子顕微鏡観察によると保護膜11上部にはほとんど見られなくなる。この結晶欠陥の非常に少ない第1の窒化物半導体層3を、素子構造となる窒化物半導体の成長基板に用いることにより、従来よりも結晶性に優れた窒化物半導体素子を実現できる。

【0025】また、第1の窒化物半導体層3の表面の窓部及び保護膜11上部共に結晶欠陥が少なくなるが、成長初期に結晶欠陥が多かった窓部の上部に成長した第1の窒化物半導体層3の表面には、保護膜11上部に成長したもの

に比べやや結晶欠陥が多くなる傾向がある。このことは恐らく、窓部に成長する第1の窒化物半導体層8の成長の途中で、多くの結晶欠陥の転位が止まったものの、わずかに転位を続ける結晶欠陥が窓部のほぼ直上部に転位し易い傾向があるのではないかと考えられる。

【0026】また、結晶欠陥の転位の傾向は、保護膜を形成した後、第1の窒化物半導体3を成長させる際に3族源のガスに対する窒素源のガスのモル比( $V/III$ 比)を変えることにより調整できる。まず $V/III$ 比を2000以下にする場合は、結晶欠陥の転位がまっすぐ表面まで達しなく、成長の途中で転位が90°曲がり易くなるようである。これに対し、 $V/III$ 比を2000より大きくする場合は、結晶欠陥が表面方に転位を続けるものが、 $V/III$ 比を2000以下にする場合に比べ、多くなりやすい。このような結晶欠陥の転位の違いによる結晶欠陥の数を表面透過型電子顕微鏡観察によると、 $V/III$ 比が2000以下の場合は、窓部上部のみに転位が観測され保護膜11上部にはほとんど欠陥が見られなくなり、例えば窓部上部の結晶欠陥濃度が、ほぼ $10^6$ 個/ $cm^2$ 以下、好ましくは $10^7$ 個/ $cm^2$ 以下であり、保護膜11上部では、ほぼ $10^6$ 個/ $cm^2$ 以下、好ましくは $10^6$ 個/ $cm^2$ 以下である。また、 $V/III$ 比が2000より大きい場合は、窓部及び保護膜11上部両方に渡って転位が見られ結晶欠陥の数が例えば $10^6$ 個/ $cm^2$ 以上となる傾向がある。 $V/III$ 比の好ましい値としては2000~100、1500~500であり、この範囲であると、上記結晶欠陥の転位が表面まで転位しにくくなり良好な結晶性を有する窒化物半導体を得られやすい。

【0027】また、本発明において、図5に示すように、第2の保護膜12を第1の窒化物半導体層3の表面の結晶欠陥が現れ易いと思われる部分や、表面に現れた結晶欠陥を覆うように設けることが好ましい。このように第2の保護膜12を設けると、第1の窒化物半導体層3の表面に現れた結晶欠陥の更なる転位が防止でき、更に素子構造を形成した後で窓部上部の転位を中断した結晶欠陥がレーザ素子等を作動中に活性層等へ再転位する恐れが考えられるが、これを防止でき好ましい。本発明において、第2の保護膜12を形成する位置は特に限定されず、第1の窒化物半導体層3の表面に部分的に、好ましくは現れている結晶欠陥の上に形成され、更に好ましくは第1の窒化物半導体層3の成長初期に結晶欠陥が存在する窓部の上部である。例えば、第2の保護膜12の形成する位置の一実施の形態として、図5に示すように、第1の窒化物半導体層3の窓部の上部に、第2の保護膜12を形成する。つまり、基板と窒化物半導体層2との界面から発生した格子欠陥が表面に現れ易いと考えられる窓部の上部の第1の窒化物半導体層3の表面に第2の保護膜12を形成し、第1の保護膜11上部に成長されている第1の窒化物半導体層3の表面を露出させるこ



とが望ましい。このように第2の保護膜12を、第1の保護膜11の窓部に対応する第1の窒化物半導体層3の表面に形成することにより、窓部から結晶欠陥が転位を続けた場合、結晶欠陥の転位を第2の保護膜12で止めることができる。

【0028】なお、図5では図4で成長させた第1の窒化物半導体層3表面の凹凸を少なくするため、研磨してフラットな面としているが、特に研磨せず、そのまま第1の窒化物半導体層3の表面に第2の保護膜12を形成しても良い。好ましくは第2の保護膜12の面積を第1の保護膜11の窓の面積よりも大きくする。具体的には、保護膜の形状をドット、ストライプ等で形成した場合には、単位ドットの表面積、単位ストライプ幅を窓よりも大きくする。なぜなら、結晶欠陥は必ずしも基板から垂直に転位するのではなく、斜めに入ったり、途中で折れ曲がって転位する場合が多い。そのため第1の保護膜11の直上部にある第1の窒化物半導体層3に結晶欠陥が侵入してくる可能性が考えられるため、図5に示すように、第2の保護膜12の表面積を窓よりも大きくすることが望ましい。

【0029】次に、第2の保護膜12が形成された第1の窒化物半導体層3上に第2の窒化物半導体層4を成長させると、同様に、最初は第2の保護膜12の上には第2の窒化物半導体層4は成長せず、第1の窒化物半導体層3の上にのみ選択成長する。第1の窒化物半導体層3の上に成長させる第2の窒化物半導体層4は、同じ窒化物半導体であり、しかも結晶欠陥の少ない第1の窒化物半導体層3の上に成長させているので、格子定数のミスマッチによる結晶欠陥が発生しにくい。第1の窒化物半導体層3の表面に結晶欠陥が少ないため、第2の窒化物半導体層4に転位する結晶欠陥も少なくなり、第1の窒化物半導体層3よりもさらに結晶性の良い第2の窒化物半導体層4が成長できる。なお本発明の第1の工程において、第1の窒化物半導体層3、第2の窒化物半導体層4、いずれの窒化物半導体も基板として用いることができる。

【0030】さらに好ましい態様として、保護膜の形状をストライプとする。ストライプとすることにより、窒化物半導体の異方性成長が利用できる。即ち、窒化物半導体は異種基板上では、ある一定の方位に対して成長しやすい傾向にあるため、成長しやすい方向に対して垂直なストライプ状の保護膜を設けることにより、保護膜上部で窒化物半導体がつながって成長しやすい傾向にある。なお保護膜の面積は露出している異種基板の面積(窓)よりも大きくする方が格子欠陥の少ない窒化物半導体を得られやすい。

【0031】第1の工程の特に好ましい態様として、C面(0001)を主面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のA面(112-0)に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する。若しくはA面

(112-0)を主面とするサファイア基板上部にそのサファイア基板のR(11-02)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する。又は(111)面を主面とするスピネル基板上部にそのスピネル基板の(110)面に対して垂直なストライプ形状を有する保護膜を形成する。いずれの工程を用いても良い。そして前記保護膜上部に窒化物半導体を成長させる。図7は異種基板の主面側の模式的な平面図である。この図はサファイアC面を主面とし、オリエンテーションフラット(オリフラ)面をA面としている。この図に示すように保護膜のストライプをA面に対して垂直方向で、互いに平行なストライプを形成する。図7に示すように、サファイアC面上に窒化物半導体を選択成長させた場合、窒化物半導体は面内ではA面に対して平行な方向で成長しやすく、垂直な方向では成長しにくい傾向にある。従ってA面に対して垂直な方向でストライプを設けると、ストライプとストライプの間の窒化物半導体がつながって成長しやすくなり、図2～図5に示した結晶成長が容易に可能となる。

【0032】同様に、A面を主面とするサファイア基板を用いた場合についても、例えばオリフラ面をR面とすると、R面に垂直方向に対して、互いに平行なストライプを形成することにより、ストライプ幅方向に対して窒化物半導体が成長しやすい傾向にあるため、結晶欠陥の少ない窒化物半導体層を成長させることができる。

【0033】またスピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)に対しても、窒化物半導体の成長は異方性があり、窒化物半導体の成長面を(111)面とし、オリフラ面を(110)面とすると、窒化物半導体は(110)面に対して平行方向に成長しやすい傾向がある。従って(110)面に対して垂直な方向にストライプを形成すると窒化物半導体層と隣接する窒化物半導体同士が保護膜の上部でつながって、結晶欠陥の少ない結晶を成長できる。上記説明は図6のように第2の保護膜12を形成する場合も同様に、第1の保護膜11と平行方向のストライプを第1の窒化物半導体層3表面に形成することが望ましい。なおスピネルは立方晶であるため特に図示していない。

【0034】図8は図7の一部を拡大して示す模式的な平面図である。この図に示すように窒化物半導体はC面を主面としA面をオリフラ面としたサファイア基板上では、保護膜上部に成長させる窒化物半導体基板のM面がオリフラ面に対して平行な方向で成長する傾向にある。そのため、活性層を有する窒化物半導体素子をその窒化物半導体基板の上に成長させた際に、活性層部分を保護膜上部に位置するように設計すると、結晶性の良い窒化物半導体素子を成長させることができる。しかも、第4の工程において、窒化物半導体基板をそのストライプ状の保護膜に対して垂直な方向で劈開すると、窒化物半導体素子はM面で劈開されるために、レーザ素子を作製す



(7)

特開平11-4048

る場合には、平行な共振面を容易に得ることができる。なお、図8はC面を主面とするサファイアについて示すものであるが、同様にA面を主面とするサファイア、(111)面を主面とするスピネルについても同様である。

【0035】

【実施例】

【実施例1】本実施例はMOVPE(有機金属気相成長法)について示すものであるが、本発明の方法は、MOVPE法に限るものではなく、例えばHVPE(ハライド気相成長法)、MBE(分子線気相成長法)等、窒化物半導体を成長させるのに知られている全ての方法を適用できる。

【0036】(第1の工程)2インチφ、C面を主面とし、オリフラ面をA面とするサファイア基板上に、温度510℃でGa Nよりなるバッファ層(図示されていない)を150オングストロームと、温度1050℃でアンドープGa N層2を3μm成長させ、その上にストライプ状のフォトマスクを形成し、CVD装置によりストライプ幅10μm、ストライプ間隔(窓)6μmのSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を0.1μmの膜厚で形成する。ストライプ方向は図7に示すように、オリフラ面に対して垂直な方向で形成する。

【0037】保護膜形成後、基板を反応容器内にセットし、温度を1050℃まで上昇させ、原料ガスにTMG、アンモニア、シランガスを用い、Siを $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGa Nよりなる窒化物半導体層を150μmの膜厚で成長させる。基板となる窒化物半導体層の好ましい成長膜厚は、先に形成した保護膜11の膜厚、大きさによっても異なるが、保護膜11の表面を覆い、保護膜上部にまで成長させるために、保護膜の膜厚に対して10倍以上、さらに好ましくは50倍以上の膜厚で成長させることが望ましい。また、保護膜の大きさは特に限定しないが、例えばストライプで形成した場合、好ましいストライプ幅は0.5~100μm、さらに好ましくは1μm~50μm程度の幅で形成することが望ましく、ストライプピッチは、ストライプ幅よりも狭くすることが望ましい。つまり保護膜の面積を窓よりも大きくする方が、結晶欠陥の少ない窒化物半導体層が得られる。

【0038】窒化物半導体層成長後、ウェーハを反応容器から取り出し、窒化物半導体層の表面をラッピングして鏡面状とし、SiドープGa Nよりなる窒化物半導体基板を得る。

【0039】(第2の工程)次にSiドープGa N基板を作製したウェーハを再度MOCVD装置の反応容器に移送し、レーザ素子構造となる窒化物半導体層を基板上に成長させる。図9は本発明の窒化物半導体素子の一構造を示す模式断面図であり具体的にはレーザ素子の構造を示している。このレーザ素子は共振面に平行な方向、

即ち窒化物半導体基板のM面に平行な方向で素子を切断した際の図を示している。図9を元に第2の工程以下を説明する。

【0040】SiドープGa Nを主面とするウェーハをMOVPE装置の反応容器内にセットし、1050℃でこのGa N基板40の上にSiを $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGa Nよりなる第2のバッファ層41を2μm成長させる。第2のバッファ層41は900℃以上の高温で成長させる窒化物半導体単結晶層であり、従来より成長される基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和するための低温で成長させるバッファ層とは区別される。また、この第2のバッファ層41は膜厚100オングストローム以下、さらに好ましくは70オングストローム以下、最も好ましくは50オングストローム以下の互いに組成が異なる窒化物半導体を積層してなる歪超格子層とすることが好ましい。歪超格子層とすると、単一窒化物半導体層の結晶性が良くなるため、高出力なレーザ素子が実現できる。

【0041】(クラック防止層42)次にSiを $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたIn 0.1Ga 0.9Nよりなるクラック防止層42を500オングストロームの膜厚で成長させる。このクラック防止層42はInを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGa Nで成長させることにより、Alを含む窒化物半導体層中にクラックが入るのを防止することができる。クラック防止層は100オングストローム以上、0.5μm以下の膜厚で成長させることが好ましい。100オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、0.5μmよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、このクラック防止層42は省略することもできる。

【0042】(n側クラッド層43)次に、Siを $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたn型Al 0.2Ga 0.8Nよりなる第1の層、20オングストロームと、アンドープ(undo pe)のGa Nよりなる第2の層、20オングストロームとを交互に100層積層してなる総膜厚0.4μmの超格子構造とする。n側クラッド層43はキャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGa Nを含む超格子層とすることが望ましく、超格子層全体の膜厚を100オングストローム以上、2μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1μm以下で成長させることが望ましい。超格子層にするとクラックのない結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。

【0043】(n側光ガイド層44)続いて、Siを $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたn型Ga Nよりなるn側光ガイド層44を0.1μmの膜厚で成長させる。このn側光ガイド層44は、活性層の光ガイド層として作用し、Ga N、InGa Nを成長させることが望ましく、通常100オングストローム~5μm、さらに好ましくは200オングストローム~1μmの膜厚で成長させること

が望ましい。このn側光ガイド層44は通常はSi、Ge等のn型不純物をドーピングしてn型の導電型とするが、特にアンドーピングすることもできる。超格子とする場合には第1の層及び第2の層の少なくとも一方にn型不純物をドーピングしてもよいし、またアンドーピングでも良い。

【0044】(活性層45)次に、アンドーピングのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層、25オングストロームと、アンドーピングIn<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなる障壁層、50オングストロームを交互に積層してなる総膜厚175オングストロームの多重量子井戸構造(MQW)の活性層45を成長させる。

【0045】(p側キャップ層46)次に、バンドギャップエネルギーがp側光ガイド層47よりも大きく、かつ活性層45よりも大きい、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp側キャップ層46を300オングストロームの膜厚で成長させる。このp側キャップ層46はp型としたが、膜厚が薄いため、n型不純物をドーピングしてキャリアが補償されたi型、若しくはアンドーピングとしても良く、最も好ましくはp型不純物をドーピングした層とする。p側キャップ層17の膜厚は0.1μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以下、最も好ましくは300オングストローム以下に調整する。0.1μmより厚い膜厚で成長させると、p側キャップ層46中にクラックが入りやすくなり、結晶性の良い窒化物半導体層が成長しにくいからである。Alの組成比が大きいAlGa<sub>0.9</sub>N程薄く形成するとLD素子は発振しやすくなる。例えば、Y値が0.2以上のAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nであれば500オングストローム以下に調整することが望ましい。p側キャップ層46の膜厚の下限は特に限定しないが、10オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。

【0046】(p側光ガイド層47)次に、バンドギャップエネルギーがp側キャップ層46より小さい、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp側光ガイド層47を0.1μmの膜厚で成長させる。この層は、活性層の光ガイド層として作用し、n側光ガイド層44と同じくGa<sub>0.9</sub>N、InGa<sub>0.9</sub>Nで成長させることが望ましい。また、この層はp側クラッド層48を成長させる際のバッファ層としても作用し、100オングストローム～5μm、さらに好ましくは200オングストローム～1μmの膜厚で成長させることにより、好ましい光ガイド層として作用する。このp側光ガイド層は通常はMg等のp型不純物をドーピングしてp型の導電型とするが、特に不純物をドーピングしなくても良い。なお、このp側光ガイド層を超格子層とすることもできる。超格子層とする場合には第1の層及び第2の層の少なくとも一方にp型不純物をドーピングしてもよいし、またアンドーピングでも良い。

【0047】(p側クラッド層48)次に、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる

第1の層、20オングストロームと、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる第2の層、20オングストロームとを交互に積層してなる総膜厚0.4μmの超格子層よりなるp側クラッド層48を形成する。この層はn側クラッド層43と同じくキャリア閉じ込め層として作用し、超格子構造とすることによりp型層側の抵抗率を低下させるための層として作用する。このp側クラッド層48の膜厚も特に限定しないが、100オングストローム以上、2μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1μm以下で成長させることが望ましい。

【0048】量子構造の井戸層を有する活性層45を有するダブルヘテロ構造の窒化物半導体素子の場合、活性層45に接して、活性層45よりもバンドギャップエネルギーが大きい膜厚0.1μm以下のAlを含む窒化物半導体よりなるキャップ層46を設け、そのキャップ層46よりも活性層から離れた位置に、キャップ層46よりもバンドギャップエネルギーが小さいp側光ガイド層47を設け、そのp側光ガイド層47よりも活性層から離れた位置に、p側光ガイド層47よりもバンドギャップが大きいAlを含む窒化物半導体を含む超格子層よりなるp側クラッド層48を設けることは非常に好ましい。しかもp側キャップ層46のバンドギャップエネルギーが大きくしてある、n層から注入された電子がこのキャップ層46で阻止されるため、電子が活性層をオーバーフローしないために、素子のリーク電流が少なくなる。

【0049】(p側コンタクト層49)最後に、Mgを $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーピングしたp型Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp側コンタクト層49を150オングストロームの膜厚で成長させる。p側コンタクト層は500オングストローム以下、さらに好ましくは400オングストローム以下、20オングストローム以上に膜厚を調整する。以上のようにして素子構造となる窒化物半導体層を積層成長させたところ、窒化物半導体素子部分の面方位はGa<sub>0.9</sub>N基板40の面方位と一致していた。

【0050】反応終了後、反応容器内において、ウェーハを窒素雰囲気中、700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。アニーリング後、ウェーハを反応容器から取り出し、図9に示すように、RIE装置により最上層のp型コンタクト層20と、p側クラッド層19とをエッチングして、4μmのストライプ幅を有するリッジ形状とし、リッジ表面の全面にNi/Auよりなるp電極51を形成する。リッジ形成位置はGa<sub>0.9</sub>N基板を作成する際に、サファイア基板の上に形成したストライプ状の保護膜の直上部に相当する位置とし、ストライプ状の保護膜に平行なストライプ上のリッジを形成する。

【0051】次に、図9に示すようにp電極51を除くp側クラッド層48、コンタクト層49の表面にSiO<sub>2</sub>

よりなる絶縁膜50を形成し、この絶縁膜50を介してp電極51と電気的に接続したpパッド電極52を形成する。

【0052】(第3の工程)p電極形成後、ウェーハのサファイア基板1、バッファ層、Ga<sub>2</sub>N層2、保護膜を研磨、除去し、SiドープGa<sub>2</sub>N基板40の表面を露出させ、そのGa<sub>2</sub>N基板40の表面全面に、Ti/Alよりなるn電極53を0.5μmの膜厚で形成し、その上にヒートシンクとのメタライゼーション用にAu/Snよりなる薄膜を形成する。

【0053】(第4の工程)次に、n電極側58からストライプリッジに対して垂直な位置、即ち、Ga<sub>2</sub>N基板40のM面で基板を劈開し、活性層の端面M面に共振面を作製する。

【0054】最後に、共振面にSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜を形成し、p電極に平行な方向で、バーを切断してレーザチップとする。レーザチップをフェースアップ(Ga<sub>2</sub>N基板とヒートシンクとが対向した状態)でヒートシンクに設置し、pパッド電極52をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、室温において、閾値電流密度2.1kA/cm<sup>2</sup>、閾値電圧4.2Vで、発振波長405nmの連続発振が確認され、500時間以上の寿命を示した。

【0055】[実施例2]異種基板にA面を主面とし、R面をオリフラ面とするサファイアを用いる。保護膜はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用い、実施例1と同様にR面に対して垂直なストライプ形状とする。ストライプ幅は12μm、ストライプ間隔(窓)4μm、膜厚0.1μmとする、そしてこの保護膜の上に、C軸配向した、アンドープGa<sub>2</sub>Nよりなる窒化物半導体基板を120μmの膜厚で成長させ、このGa<sub>2</sub>N基板の上に実施例1と同様にしてC軸配向した窒化物半導体レーザ素子構造を成長させ、同様にしてレーザ素子を作製したところ、実施例1のレーザ素子とほぼ同等の特性を有するレーザ素子が得られた。

【0056】[実施例3]HVPE(ハイドライド気相成長)法により窒化物半導体基板を得る。まず、(111)面を主面とし、オリフラ面を(110)面とする、1インチφのスピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)基板を用意する。このスピネル基板の表面に実施例1と同様にして、フォトマスクを形成し、SiO<sub>2</sub>よりなる保護膜11を、オリフラ面に対して垂直なストライプ形状で形成する。なおストライプ幅は12μm、ストライプ間隔は6μmとする。

【0057】HVPE装置では、石英よりなる反応容器管の内部にGaメタルを入れた石英ポートを設置する。さらに石英ポートから離れた位置に、斜めに傾けた前述の基板1を設置する。なお、反応容器内のGaメタルに接近した位置にはハロゲンガス供給管が設けられ、ハロゲンガス供給管とは別に、基板に接近した位置にはN源供給管が設けられている。ハロゲンガス管より窒素キヤ

リアガスと主に、HClガスを導入する。この際Gaメタルのポートは900℃に加熱し、スピネル基板側は1050℃に加熱してある。そして、HClガスとGaを反応させてGaCl<sub>3</sub>を生成させ、スピネル基板側に接近したN源供給管からはアンモニアガスを同じく窒素キャリアガスと主に供給し、さらに、ハロゲンガスと共にシランガスを供給し、成長速度50μm/hrで3時間成長を行い、厚さ150μmのSiを1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>ドープしたGa<sub>2</sub>Nを成長させる。

【0058】後はMOVPE法を用い、実施例1と同様にしてGa<sub>2</sub>N基板の上にレーザ素子構造となる窒化物半導体層を積層して窒化物半導体レーザ素子を得たところ、実施例1のレーザ素子とほぼ同等の特性を有するレーザ素子が得られた。

【0059】[実施例4]実施例1において第2の工程と、第8の工程の順序を逆にする他は同様にしてレーザ素子を得る。つまりサファイア基板上に保護膜を介して、窒化物半導体基板を作製した後、サファイア基板、保護膜を研磨して除去し、SiドープGa<sub>2</sub>N基板のみとする。このGa<sub>2</sub>N基板の上に実施例1と同様にしてレーザ素子構造となる窒化物半導体層を成長させる。なおリッジストライプを形成する位置は、サファイア基板、保護膜が除去されているため、窒化物半導体素子成長前に起点となる目印をGa<sub>2</sub>N基板側に入れてある。このレーザ素子も実施例1とほぼ同等の特性を示した。

【0060】[実施例5]実施例1で得られた150μmのSiドープGa<sub>2</sub>N基板表面に、実施例1と同様にして、ストライプ幅10μm、ストライプ間隔6μmのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>よりなる第2の保護膜を0.1μmの膜厚で形成する。なお、第2の保護膜の位置は、図6に示すように、先に形成した第1の保護膜11の位置とずらせて、第1の保護膜11の6μmの窓の位置に、第2の保護膜の10μmのストライプがくるようにマスク合わせをしていると共に、第1の保護膜11と平行なストライプを形成している。

【0061】第2の保護膜形成後、再度ウェーハを反応容器に戻し、原料ガスにTMG、アンモニア、シランガスをを用い、Siを1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>ドープしたGa<sub>2</sub>Nよりなる第2の窒化物半導体層を150μmの膜厚で成長させた後、反応容器から取り出し表面を鏡面研磨して、今度は第2の窒化物半導体層を基板とする。

【0062】第2の工程からは実施例1と同様にしてレーザ素子の構造となる窒化物半導体層を積層してレーザ素子を作製する。但しリッジストライプを形成する際、リッジストライプのストライプ位置は、後から形成した第2の保護膜の直上部にあたる窒化物半導体層に形成する。このレーザ素子は、室温において、閾値電流密度2.0kA/cm<sup>2</sup>、閾値電圧4.0Vで、発振波長405nmの連続発振が確認され、1000時間以上の寿命を示した。

(10)

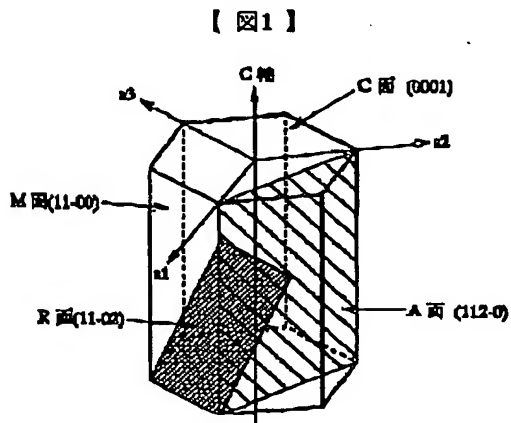
特開平11-4048

【0063】

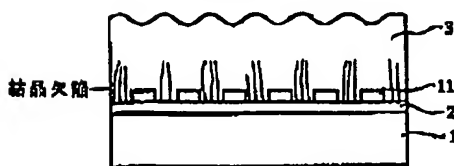
【発明の効果】窒化物半導体は理想の半導体として現在評価されているにもかかわらず、窒化物半導体基板が存在しないために、異種基板の上に成長された格子欠陥の多い窒化物半導体デバイスで実用化されている。そのためレーザ素子のような結晶欠陥が即、寿命に影響するデバイスを実現すると、数十時間で素子寿命が付きていた。ところが、本発明の成長方法によると、従来成長できなかった窒化物半導体基板が得られるため、この窒化物半導体基板の上に、素子構造となる窒化物半導体層を積層すると、格子欠陥の非常に少ない窒化物半導体デバイスが実現できる。しかも、窒化物半導体基板を特定の面方位で劈開しているため、基板上に成長させた窒化物半導体素子の劈開面が鏡面状となって、その面を共振面とすると反射率の高い共振面が作製できる。このように本発明の方法を用いることにより従来実現できなかったレーザ素子をほぼ実用化レベルまでにできる。また本発明はレーザ素子だけではなく、窒化物半導体基板を用いたLED素子、受光素子、太陽電池、トランジスタ等の窒化物半導体を用いたあらゆる電子デバイスに適用でき、産業上の利用価値は多大である。

【図面の簡単な説明】

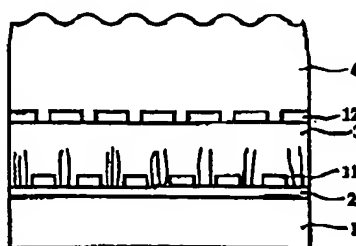
【図1】 C軸配向した窒化物半導体の結晶構造を示す



【図4】



【図5】



ユニットセル図。

【図2】 第1の工程の窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式断面図。

【図3】 第1の工程の窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式断面図。

【図4】 第1の工程の窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式断面図。

【図5】 第1の工程の窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式断面図。

【図6】 第1の工程の窒化物半導体ウェーハの各構造を示す模式断面図。

【図7】 好ましい第1の工程を説明する異種基板主面側の模式的な平面図。

【図8】 図7の一部を拡大して示す模式的な平面図。

【図9】 本発明の窒化物半導体素子の一構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

1・・・異種基板

2・・・パツファ層

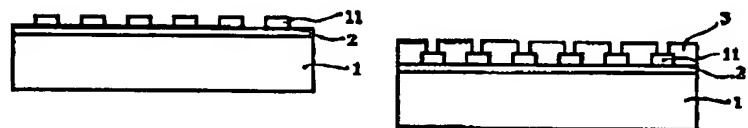
3・・・基板となる第1の窒化物半導体層

4・・・基板となる第2の窒化物半導体層

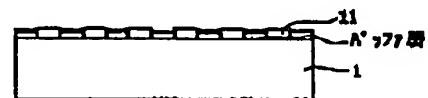
11・・・第1の保護膜

12・・・第2の保護膜

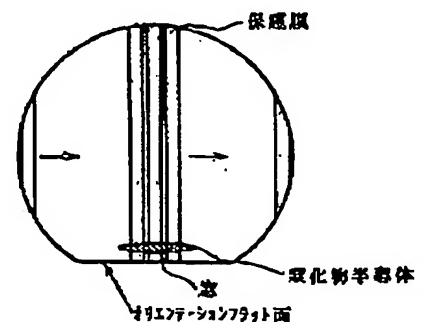
【図3】



【図6】



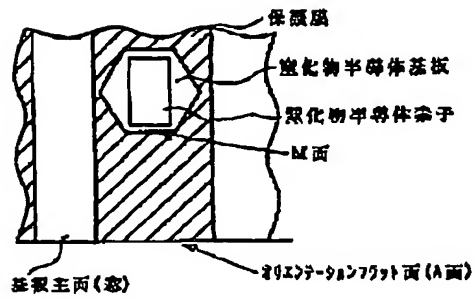
【図7】



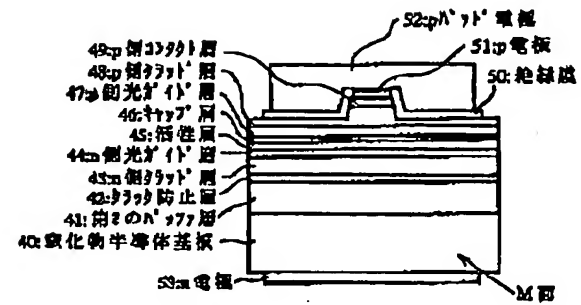
(11)

特開平11-4048

【圖8】



【 図9 】



フロントページの続き

(72) 発明者 岩佐 成人

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内